

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO SANTA MARIA, IBATIBA-ES.

CARVALHO, Arnaldo Henrique de Oliveira¹

CASTRO, Fábio da Silveira¹

PENA, Flávio Eymard da Rocha¹

Recebido em: 2014.06.30

Aprovado em: 2014.10.27

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.1161

RESUMO: O córrego Santa Maria está localizado na região sul do estado do Espírito Santo. É um afluente do Rio Pardo e apresenta grande relevância para a região por representar a maior sub-bacia. As bacias hidrográficas e suas sub-bacias são consideradas unidades essenciais para o planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, sendo sua caracterização morfométrica fundamental nas tomadas de decisões quanto à conservação das mesmas. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo fornecer parâmetros morfométricos da sub-bacia do córrego Santa Maria a fim de possibilitar e facilitar a tomada de decisões direcionadas à conservação de seus recursos naturais. Para tanto, foram utilizados dados de radar, da missão espacial Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) para representar o Modelo Digital de Elevação (MDE), e técnicas de geoprocessamento em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Para elucidar o comportamento hidrológico da sub-bacia, foram estimados alguns parâmetros morfométricos da sub-bacia. A área de drenagem obtida corresponde a 30,44 km² e o perímetro mede 29,19 km. Com formato irregular, a sub-bacia apresentou fator de forma igual 0,12, coeficiente de compactidade igual a 1,48 e índice de circularidade igual a 0,45. A densidade de drenagem encontrada foi de 1,72 km/km² indicando baixa capacidade de drenagem. A sub-bacia apresentou relevo forte ondulado (44,17% da área total da sub-bacia), com declividade média de 29,90% e altitude média de 949,81 metros.

Palavras chave: Sistemas de informação geográfica. Recursos hídricos. Modelo digital de elevação.

SUMMARY: The Santa Maria stream is located in the southern region of the state of Espírito Santo. It is a tributary of the Rio Pardo and has great relevance to the region once it is the largest sub-basin. Watersheds and their sub-basins are considered essential units for planning and management of water resources, with its fundamental morphometric characterization in decision making regarding the conservation of the same. In this context, this work aims to provide morphometric parameters of the stream Santa Maria sub-basin to enable and facilitate decision-making aimed at the conservation of its natural resources. Radar data, the space mission Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) were used to represent the Digital Elevation Model (DEM) and GIS techniques in an environment of Geographic Information System (GIS). To elucidate the hydrological dynamics of the sub-basin were estimated morphometric parameters of the sub-basin. The drainage area obtained corresponds to 30.44 km² and perimeter measuring 29.19 km. Irregularly shaped, sub-basin showed equally 0.12 factor, compactness coefficient equal to 1.48 and circularity index equal to 0.45. The drainage density found was 1.72 km / km² indicating low drainage capacity. The sub-basin showed strong wavy relief (44.17% of the total area of the sub-basin), with an average slope of 29.90% and an average elevation of 949.81 meters.

Keywords: geographic information systems, water resources, digital elevation model.

INTRODUÇÃO

Bacia hidrográfica pode ser entendida como uma área definida topograficamente, drenada por um curso de água ou um sistema conectado de cursos de água, tal que toda vazão efluente seja descarregada por uma única saída (TUCCI, 2009).

¹ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Campus Ibatiba

O conhecimento das características morfométricas de uma bacia ou sub-bacia hidrográfica é imprescindível para a conservação de seus recursos hídricos, pois torna possível a compreensão do comportamento hidrológico que as mesmas apresentam.

Com o advento e consolidação dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e, consequentemente, o surgimento de formas digitais consistentes de representação do relevo, como os Modelos Digitais de Elevação (MDE), métodos automáticos de delimitação tem sido desenvolvidos desde então. Tais métodos fornecem mais confiabilidade e reprodução dos resultados com menor carga de subjetividade em vista aos métodos manuais e tradicionais, antes empregados na geração de mapas e cartas (GARBRECHT; MARTZ, 1999).

Um importante parâmetro avaliado na delimitação automática da sub-bacia de estudo é a hierarquia fluvial, que de acordo com Christofletti (1980) consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso d'água (ou da área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra.

Os SIG's têm sido muito utilizados devido à sua flexibilidade e disponibilidade, consistindo de sistemas computadorizados, que permitem sobrepor diversas informações espaciais da bacia hidrográfica. A informação é armazenada digitalmente e apresentada visual ou graficamente, permitindo a comparação e a correlação entre informações. A utilização dos SIG's para o gerenciamento ambiental de bacias hidrográficas envolve muitas outras atividades, além da elaboração e manutenção de um banco de dados geocodificados, de onde são retiradas as diversas informações estatísticas sobre as características da unidade de estudo (PIRES et al., 2002).

Segundo Antonelli e Thomaz (2007), o estudo de parâmetros morfométricos com a combinação dos diversos dados de uma bacia hidrográfica, permitem a diferenciação de áreas homogêneas. A caracterização física, tais como o fator de forma; coeficiente de compacidade; índice de circularidade; densidade de drenagem e extensão média do escoamento superficial são de grande importância no estudo do seu comportamento hidrológico e ainda apresenta uma estreita correspondência ao estabelecerem que variáveis hidrológicas sejam determinadas em locais desprovidos de informações (VILLELA; MATTOS, 1975).

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo determinar as características morfométricas da Bacia Hidrográfica do Córrego Santa Maria, localizada no município de Ibatiba-ES, para isso utilizou-se técnicas do geoprocessamento através do software ArcGis/ArcMap®, os resultados obtidos através do conhecimento de tais características irão contribuir para um melhor planejamento e uso conservacionista da bacia.

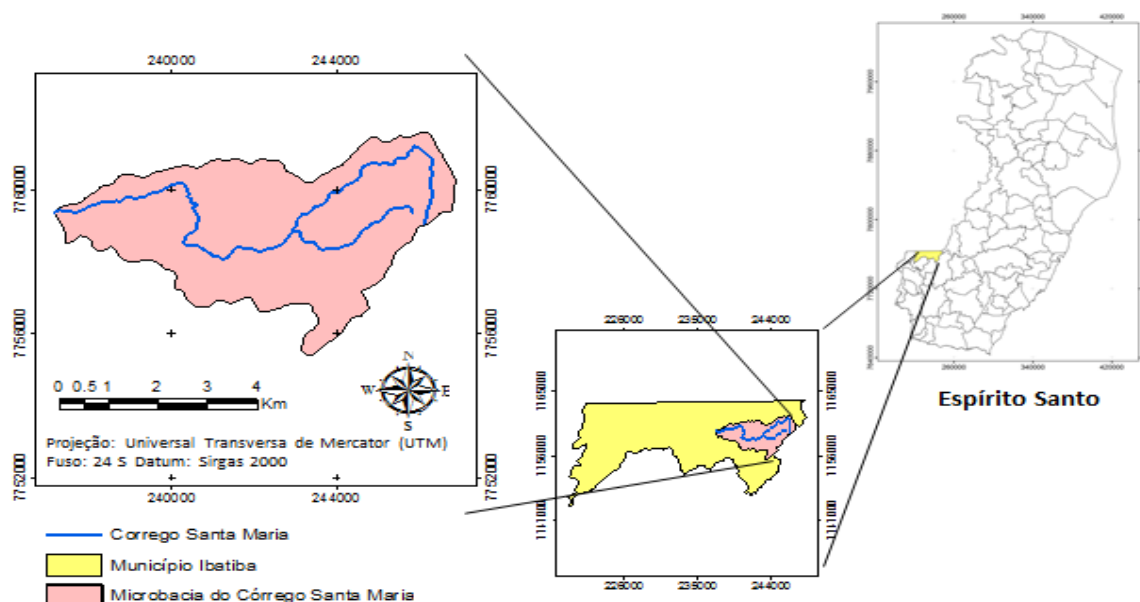
METODOLOGIA

Área de estudo

A área contemplada no presente estudo é a bacia hidrográfica do Córrego Santa Maria localizada no município de Ibatiba região do Caparaó do estado do Espírito Santo, abrangendo uma área de 30,44km² e perímetro de 29,19km.

Situa-se geograficamente entre os meridianos 41°31'08" e 41°25'17" de longitude oeste e entre os paralelos 20°17'03" e 20°13'31" de latitude sul, conforme Figura 1.

Figura 1. Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Santa Maria Ibatiba-ES.



A delimitação dos divisores de água da bacia hidrográfica do córrego Santa Maria foi executada em ambiente de SIG, através do software ArcGIS 10.0 ArcMap®, desenvolvido pela Environmental Systems Research Institute (ESRI) e com a utilização de um Modelo Digital de Elevação (MDE) disponibilizado pela missão espacial *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), desenvolvida pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) e National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) no ano 2000, e adquirido gratuitamente através do endereço eletrônico <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br> (MIRANDA, 2005).

Além das imagens de radar SRTM, foram utilizados arquivos vetoriais, como a malha do estado do Espírito Santo e municípios, disponibilizados gratuitamente no PORTAL GEOBASES, através do endereço eletrônico <http://www.geobases.es.gov.br/portal/>.

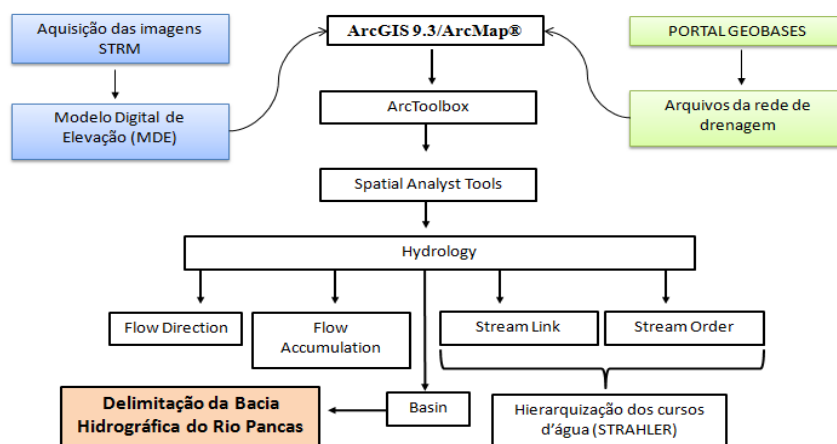
Para a classificação hierárquica dos cursos d'água no presente estudo, considerou-se o método de ordenamento proposto por Strahler, onde os menores canais, sem tributários, são considerados de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e de primeira ordens; os canais de quarta ordem surgem da confluência de dois canais de terceira ordem, podendo receber tributários das ordens inferiores, e assim sucessivamente (STRAHLER, 1957).

Desta maneira, com o emprego do software de SIG ArcGIS 10.0/ArcMap® foi determinado o ordenamento fluvial da sub-bacia, através dos módulos “ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Hydrology – Stream Link” e “ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Hydrology – Stream Order”, respectivamente. Desse modo, obteve-se a rede hidrográfica hierarquizada em imagem matricial.

Em seguida, com o objetivo de facilitar a visualização e possibilitar a hierarquização de cada afluente da rede de drenagem, optou-se por transformar a imagem matricial em vetorial de linhas representando a hidrografia, através do módulo “ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Hydrology – Stream Feature”.

Todas as etapas metodológicas para delimitação automática da Bacia Hidrográfica do Córrego Santa Maria e determinação de seu ordenamento fluvial estão apresentadas no fluxograma (Figura 2).

Figura 2. Fluxograma da metodologia utilizada na delimitação da Bacia Hidrográfica do Córrego Santa Maria e na determinação de seu ordenamento fluvial.



Para a classificação da declividade da bacia foram utilizados seis intervalos distintos de classes, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2009), conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação das declividades do relevo

Declividade (%)	Discriminação
0 – 3	Relevo Plano
3 – 8	Relevo Suave Ondulado
8 – 20	Relevo Ondulado
20 – 45	Relevo Forte Ondulado
45 – 75	Relevo Montanhoso
> 75	Relevo Escarpado

Fonte: EMBRAPA, 2009.

No processo de caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego Santa Maria, foram estimados parâmetros físicos, tais como: área de drenagem, perímetro, comprimento total dos cursos d'água, comprimento do canal principal, fator de forma, coeficiente de compacidade, índice de circularidade, densidade de drenagem, extensão média do escoamento superficial e declividade.

▪ Fator de Forma (F)

É um parâmetro que relaciona a forma da bacia com um retângulo, sendo este calculado através da razão entre sua largura média e comprimento axial (correspondente à distância entre a foz e o ponto mais longínquo do espigão). É obtido pela Equação 1, conforme descrito por (VILLELA; MATTOS 1975)

$$F = A/L^2 \quad (1)$$

onde: F é o fator de forma;

A é a área de drenagem (m²); e

L é o comprimento axial da bacia hidrográfica (m).

▪ Coeficiente de Compacidade (Kc)

O coeficiente de compacidade corresponde à relação do perímetro da bacia com a circunferência de um círculo de área igual a da bacia. Deste modo, tal parâmetro caracteriza-se por relacionar a forma da bacia com um círculo, sendo que quanto mais próximo da unidade, ou seja, de 1 for seu valor, mais susceptível está a bacia a enchentes mais acentuadas, calculado pela equação (2) (VILLELA; MATTOS 1975).

$$Kc = 0,28 * P/\sqrt{A} \quad (2)$$

onde:

Kc é o coeficiente de compacidade;

P é o perímetro(m); e

A é a área de drenagem da bacia hidrográfica (m²).

▪ Índice de Circularidade (IC)

Assim como o coeficiente de compacidade, o índice de circularidade tende a unidade à medida que sua forma torna circular. No entanto, quando a bacia possui forma mais alongada, o índice de circularidade diminui o que ocorre de forma contrária no coeficiente de compacidade, que tem seu valor aumentado à medida que a bacia torna irregular. O índice de circularidade é definido pela Equação 3, descrito por Cardoso et al.(2006).

$$IC = (12,57 * A)/P^2 \quad (3)$$

onde:

IC é o índice de circularidade;

A é a área de drenagem (m²); e

P é o perímetro da bacia hidrográfica (m).

▪ Densidade de Drenagem (Dd)

A determinação da densidade de drenagem se deu através da relação do comprimento total de todos os cursos d'água (perenes, intermitentes e efêmeros) e a sua área de drenagem, conforme a Equação (4), definida por Horton (1945):

$$Dd = Lt/A \quad (4)$$

onde:

Dd é a densidade de drenagem (km/km²);

Lt é o comprimento total dos cursos d'água (km); e

A é a área de drenagem da bacia hidrográfica (km²).

▪ Extensão média do escoamento superficial

A extensão média do escoamento superficial (I) constitui a distância média que a água da chuva teria que escoar sobre os terrenos de uma bacia, caso o escoamento se desse em linha reta, desde o ponto de queda na bacia até o curso d'água mais próximo. É calculado baseado na Equação (5), descrita por Vilela e Mattos (1975):

$$I = A/4Lt \quad (5)$$

onde:

I é a extensão média do escoamento superficial, em km.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os estudos realizados, Bacia Hidrográfica do Córrego Santa Maria apresentou uma área de drenagem de 30,44km² km² e perímetro igual a 29,19km.

As características morfométricas da Bacia estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Características morfométricas da Bacia Hidrográfica do Córrego Santa Maria, ES.

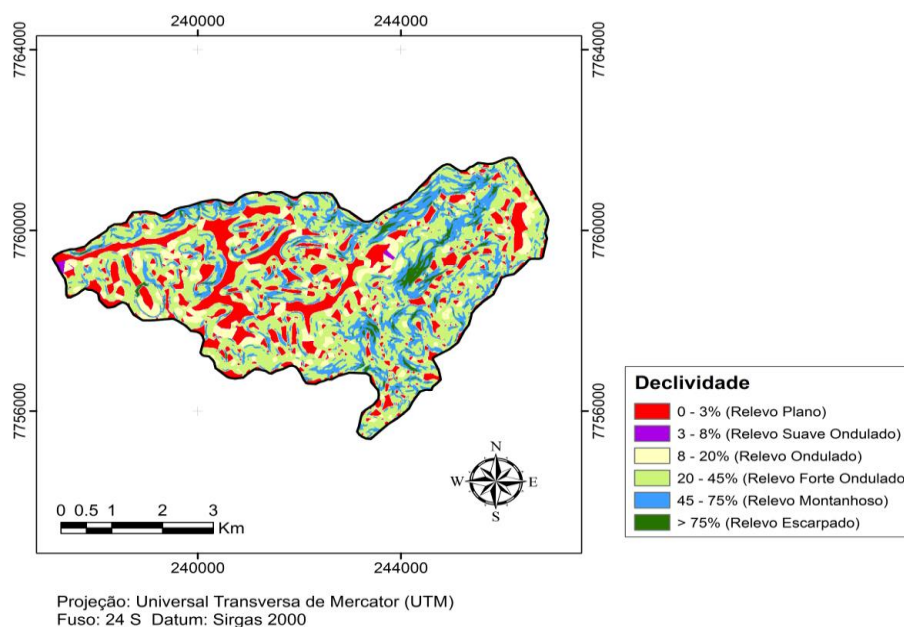
Características Físicas	Resultados
Área de drenagem (km ²)	30,44
Perímetro (km)	29,19
Comprimento axial da sub-bacia (km)	15,70
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,48
Fator de forma (F)	0,12
Índice de circularidade (IC)	0,45
Declividade média (%)	29,90
Altitude máxima (m)	1400,00
Altitude média (m)	949,81
Altitude mínima (m)	740,00
Extensão média do escoamento superficial (km)	0,15
Comprimento total de todos os canais (km)	52,27
Comprimento do canal principal (km)	15,68
Densidade de drenagem (km/km ²)	1,72
Hierarquia Fluvial	4

Tabela 3 – Distribuição das classes de declividade da Bacia Hidrográfica do Córrego Santa Maria Ibatiba-ES.

Declividade (%)	Discriminação	Área (km²)	%
0 – 3	Relevo Plano	5,51	18,18
3 – 8	Relevo Suave Ondulado	0,67	2,20
8 – 20	Relevo Ondulado	3,84	12,61
20 – 45	Relevo Forte Ondulado	13,44	44,17
45 – 75	Relevo Montanhoso	6,08	19,97
> 75	Relevo Escarpado	0,87	2,87

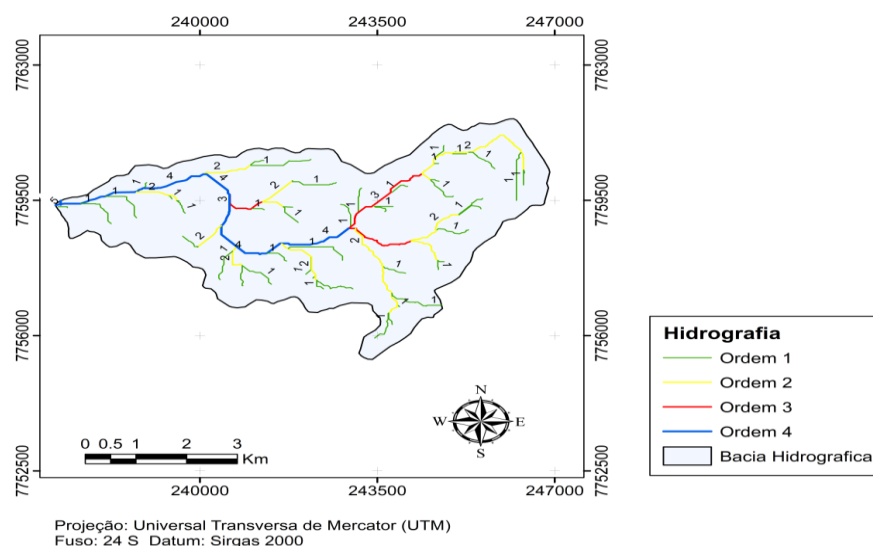
A Figura 3 apresenta a distribuição espacial das classes de declividade na sub-bacia em estudo, onde se constatou uma declividade média de 29,90%.

FIGURA 3. Distribuição espacial da declividade da Bacia Hidrográfica do Córrego Santa Maria Ibatiba-ES.



A Figura 4 apresenta o ordenamento fluvial da Bacia Hidrográfica do Córrego Santa Maria conforme metodologia de Strahler (1957).

FIGURA 4. Ordenamento fluvial da Bacia Hidrográfica do Córrego Santa Maria – ES.



CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos e analisados pode-se concluir que a sub-bacia apresenta formato irregular, sendo tal afirmação corroborada pelo coeficiente de compacidade, fator de forma e índice de circularidade, visto que todos apresentaram valor afastado da unidade.

A sub-bacia do córrego Santa Maria mostra-se pouco susceptível a enchentes em condições normais de precipitação, ou seja, desconsiderando-se eventos hidrológicos de intensidades anormais. No entanto, de acordo com Villela e Mattos (1975), o sistema fluvial da sub-bacia apresenta baixa capacidade

de drenagem ($1,72 \text{ km/km}^2$), o que pode comprometer a segurança contra enchentes na ocorrência de eventos hidrológicos adversos.

A baixa densidade de drenagem obtida denota ainda uma maior superfície de contribuição da sub-bacia em relação à sua quantidade de canais, sendo este um fator que contribui para a infiltração de água no solo, abastecimento do lençol freático e menor perda de água e solo, devido à baixa velocidade do escoamento superficial da água da precipitação.

Através de visitação em loco constatou-se que a sub-bacia em sua grande maioria apresenta seu uso com pastagens e lavouras de café, não apresentando dados de conservação de solo nem políticas públicas que gerenciam ações de conservação.

A sub-bacia de estudo é de quarta ordem, indicando que seu sistema de drenagem é muito ramificado, visto que possui pequena área.

O relevo forte ondulado se mostra predominante na sub-bacia do córrego Santa Maria, ocupando $13,44 \text{ km}^2$ ou $44,17\%$ da área total da sub-bacia. A declividade média encontrada na sub-bacia foi de $29,90\%$, indicando a necessidade de conservação da cobertura vegetal das superfícies vertentes, com o intuito de impedir a degradação dos recursos naturais presentes.

REFERÊNCIAS

ANTONELI, V.; THOMAZ, E.L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamaranga-PR. **Rev. Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v.8, n.21, p46-58, jun. 2007.

CARDOSO, C.A. et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo-RJ. **Árvore**, Viçosa, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blüncher, 1980. 188 p.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2009. XXVI, 412p, ISBN 85-85864-04-4.

GARBRECHT, J.; MARTZ, L.W. Digital elevation model issues in water resources modeling. In: ESRI, USERS CONFERENCE, 19., 1999, San Diego. **Proceedings...** San Diego:1999. CD-ROM

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basin: Hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geol. Soc America Bulletin**, v.3, n.56, 1945.

MIRANDA, E. E. de.; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas – SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>> Acesso em: 04 ago. 2012.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E. A utilização do conceito bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: SCHIAVETTI, A., CAMARGO, A. F. M. (Ed.). **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus, BA: Editus, 2002. p. 17-35.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. New Halen: Transactions, **American Geophysical Union**, v. 38, p. 913-920, 1957.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. 1ª reimp. - Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2009. 943 p.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.